

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra měřicí a řídicí techniky

Měření teploty a teplotního pole včelího úlu

Zadání bakalářské práce

Student: **Miroslav Engel**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 2601R004 Měřicí a řídicí technika
Téma: **Měření teploty a teplotního pole včelího úlu**
Temperature measurement and temperature fields of the beehive

Zásady pro vypracování:

1. Seznámení se se zadanou problematikou a rozdělení jejího řešení na tématicky související celky a jednotlivé úkoly řešení.
2. Návrh alternativního řešení zadané problematiky a na základě zvolených kritérií zdůvodnění a vybrání nejvhodnější varianty.
3. Zpracování navrhovaného řešení - detailně teoreticky, návrhově a konstrukčně .
4. Realizace navrhovaného řešení, provedení potřebných měření a ověření funkcí. Analýza stavu řešení a zhodnocení. Návrh dalšího možného postupu řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

1. ZEHNULA, K. *Snímače neelektrických veličin*. 2. upr. a dopl. vyd. Praha: SNTL-SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1983. 371 s.
2. ĎAĎO, S. - KREIDL, M. *Senzory a měřicí obvody*. 2. vyd. Praha: ČVUT, 1999. 314 s. ISBN 80-01-02057-6.
3. HRBÁČEK, J. *Moderní učebnice programování mikrokontrolérů PIC.1. díl, První krůčky při tvorbě aplikace*. 1. vyd. Praha: BEN - Technická literatura, 2004. 95 s. ISBN 80-7300-136-5.
4. HRBÁČEK, J. *Moderní učebnice programování mikrokontrolérů PIC.2. díl, Stavíme se na vlastní nohy*. 1. vyd. Praha: BEN - Technická literatura, 2007. 141 s. ISBN 978-80-7300-137-7.
5. VLACH, J. - VLACHOVÁ, V. *Počítačová rozhraní: přenos dat a řídicí systémy*. 2. rozš. vyd.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Bohumil Horák, Ph.D.**

Datum zadání: 19.11.2010

Datum odevzdání: 06.05.2011

doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal a nejsou mi znány žádné okolnosti, které by mohly vést k pochybnostem o mé práci.

.....
Engel Miroslav

Datum odevzdání bakalářské práce: 6. 5. 2011

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval doc. Ing. Bohumilu Horákovi, Ph.D., vedoucímu mé bakalářské práce, za materiály a cenné rady, které mi během tvorby mé bakalářské práce poskytl.

Abstrakt

Tato práce popisuje možnost využití mikrokontrolérů k měření teplot. Celé vyrobené zařízení se dá využít pro měření více teplot, které se dále dají zpracovávat, dlouhodobě uchovávat pomocí webu, kde má možnost uživatel přístupu odkudkoliv z celého světa pomocí Internetu. Součástí řešení, je popis v dnešní době používaných mikrokontrolérů, teplotních čidel a GPRS modulů. V práci je uveden celý postup výroby zařízení, od návrhu elektronického schématu zařízení, výroby desky plošného spoje, programování mikrokontroléru až po samotné testování celého zařízení. V závěru celé práci zhodnotím výsledky realizace projektu a jeho testování.

Klíčová slova

Měření teploty, Mikrokontrolér, FTP, GPRS, MikroC

Abstrakt

This essay describes the possibility of using microcontroller to measure temperatures. It is possible to use the produced mechanism to measure more temperatures that are possible to process, to preserve for a long time using web where a user is enabled an access from anywhere in the world trough internet. The solution includes the description of microcontroller used nowadays and of temperature sensitive elements and GPRS modules. The essay includes the whole procedure of the mechanism production. It starts with the proposal of the electronic scheme of the mechanism, then there is production of a board of a printed circuit, microcontroller programming and it finishes with testing of the whole mechanism. At the end of my essay I assess the results of the project implementation and testing.

Keywords

Temperature measurement, Microcontroller, FTP, GPRS, MikroC

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Co je to měření?	2
2.1	Metrologie	2
2.2	Metody měření.....	2
3	Měření teploty	4
3.1	Historie	4
3.1.1	Objevení a postupný vývoj teploměrů	4
3.2	Teplotní čidla.....	5
3.2.1	Teplotní čidlo DALLAS 18B20	5
4	Mikrokontroléry.....	7
4.1	Architektura.....	7
5	Měření teplot ve včelím úlu	9
5.1	Teplota v úlu během zimování	9
5.2	WirelessBee.....	9
6	Blokové schéma vlastní konstrukce	11
7	Vývojové prostředí použité při výrobě zařízení	12
7.1	Vývojové prostředí k tvorbě programu pro MCU	12
7.2	Programování MCU.....	12
7.3	Návrh a výroba DPS	13
8	Vlastní konstrukce.....	15
8.1	Napájení	15
8.2	Testovací zapojení obvodu.....	15
8.3	Modem	16
8.4	Zařízení	17
8.5	Čidla.....	18
8.6	Program.....	20
9	Testování.....	22
9.1	Umístění zařízení	22
9.2	Naměřené hodnoty a jejich vyhodnocování	23
9.2.1	Princip ukládání hodnot do databáze	23
9.2.2	Naměřená data	24
9.3	Zobrazení dat na Internetu.....	25
10	Závěr.....	26
	Seznam literatury	27

Seznam obrázků

Obrázek 1 – teploměr od profesora Galileo Galilei[3]	4
Obrázek 2 – pouzdro teplotního čidla	6
Obrázek 3 – Von Neumannovi architektury	7
Obrázek 4 – blokové schéma Harvardské architektury	8
Obrázek 5 – úly v Zoo Praha[5]	9
Obrázek 6 – systém WirelessBee[6]	10
Obrázek 7 – část grafu dlouhodobě naměřených hodnot, modrá barva je venkovní teplota, zelená barva je teplota uvnitř úlu	10
Obrázek 8 – blokové schéma celého zařízení	11
Obrázek 9 – prostředí programu mikroC	12
Obrázek 10 – uživatelské prostředí programu extrémě Burner	13
Obrázek 11 – zapojení procesoru při programování	13
Obrázek 12 – schéma celého zařízení	14
Obrázek 13 - zdrojová část zařízení	15
Obrázek 14 – zapojení obvodu na kontaktním poli	16
Obrázek 15 – Testování modemu pomocí hyperterminálu	17
Obrázek 16 – zařízení strana spojů a strana součástek	17
Obrázek 17 – zařízení, strana spojů a strana součástek	18
Obrázek 18 – čidlo umístěné na špejli a čidla umístěná přímo na rámkou	18
Obrázek 19 – graf naměřených hodnot	20
Obrázek 20 – příklad výpisu na LCD	20
Obrázek 21 - vývojový diagram programu	21
Obrázek 22 - rozmístění čidel v úlu	22
Obrázek 23 - teplotní pole včel	23
Obrázek 24 - naměřené hodnoty za dvacet čtyři hodin	25
Obrázek 25 - naměřené hodnoty z webu http://www.teplomer-vsbs.cz , ze dne 21. a 22.4 2011	25

Seznam tabulek

Tabulka 1 - parametry teplotních čidel	5
Tabulka 2 - korekce čidel	19
Tabulka 3 - naměřené hodnoty za dvacet čtyři hodin	24

Seznam použitých značek a symbolů

AVR – je označení pro rodinu 8bitových mikročipů s harvardskou architekturou od firmy Atmel.

C – programovací jazyk

DPS –Deska Plošných spojů

EDGE – Enhanced Data Rates for GSM Evolution

EEPROM – Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

FLASH – elektricky programovatelná paměť

GPRS – General Radio Packet Servis

FTP – File Transfer Protocol

LCD – Liquid Crystal Display

MCU – Microcontroller Unit

TTL – Transistor-Transistor Logic

UART – Universal Asynchronous Receiver Transmitter

USB – Universal Serial Bus

1 Úvod

Měření teploty je velmi často diskutované téma. Jelikož teplota má veliký vliv na většinu fyzikálních vlastností látek. S měřením teplot se setkáme například v průmyslu, kde mohou čidla měřit teploty motorů, ať se nepřehřejí, teplotu prostoru, z důvodu bezpečnosti práce a spoustu dalších, teplot důležitých pro bezpečný běh. Nejen průmysl využívá měření teploty. V domácnostech se můžeme setkat se spoustou případů měření teploty. Mnozí z nás si to ani neuvědomují. Například lednice, kterou vlastní každý z nás, obsahuje uvnitř elektroniku, která nám hlídá, aby jídlo nezamrzlo nebo zase nebylo moc v teple. Kotle pro výrobu tepla, potřebují čidla k hlídání vlastní teploty a také teploty obytných prostor. Toto vše už v dnešní době hlídají senzory propojené s mikropočítači, které zajišťují bezpečný provoz celého zařízení. Takové celky jsou většinou plně automatizované a jsou schopné pracovat, bez zásahu do jejich obvodů, několik let bez poruchy.

V této práci se budu zabývat měřením teploty pomocí teplotních čidel a mikrokontroléru. Celou konstrukci bych chtěl směřovat k tomu, aby byla co nejméně nákladná. Z tohoto důvodu jsem celou práci rozdělil na dvě části. Klasické sledování teploty a zpracovávání výsledků dlouhodobě naměřených hodnot. Naměřené hodnoty bude moc uživatel sledovat přímo v reálném čase na displeji, který je umístěn na výrobku a dlouhodobě měřené teploty budou odesílány pomocí GPRS modemu na Internet, kde budou moc uživatelé sledovat hodnoty vzdáleně v podstatě odkudkoliv na celé zemi, kde je možnost připojení k síti Internet. Naměřené hodnoty budou uchovávány pro zpětné sledování a možnost vytváření grafů s dlouhodobými naměřenými hodnotami. Celé zařízení by poté mohly využívat včelaři, kteří vlastní větší počet včelích úlů, pro jednodušší kontrolu včel.

2 Co je to měření?

Než se budeme věnovat jednotlivým částem zařízení, rád bych popsal co to vlastně měření je. Měření je kvantitativní (číselné) zkoumání vlastností předmětů (jevů, procesů), obvykle porovnáváním s obecně přijatou jednotkou. Výsledkem měření je tedy číslo, které vyjadřuje poměr zkoumané veličiny k jednotce[1]. Měření nám charakterizuje měřenou veličinu, v našem případě to bude teplota. Výhodou měření je, že ho můžeme opakovat a naměřené hodnoty vzájemně porovnávat. Výsledky pak můžeme zpracovávat, například graficky.

2.1 Metrologie

Je vědní odvětví, které se zabývá mírami pro stanovení velikosti, různých veličin. Tyto veličiny mohou být jak fyzikální (teplo, světlo), tak technické (spotřeba, pružnost). Metrologie je řízena mezinárodními organizacemi, které se starají o jednotnost měření, jednotky a o etalony.

2.2 Metody měření

Podle fyzikálního principu se metody měření dělí na:

- **mechanické**
- **elektrické**
- **elektromagnetické**
- **optické**
- **časové**
- **akustické**

Dále je můžeme dělit podle způsobu zjišťování měřené veličiny:

- **přímé**, měření hodnoty sledované veličiny je založeno na definici měřené veličiny
- **nepřímé**, hodnota měřené veličiny zjišťována nepřímo (například výpočtem) pomocí přímo změřených hodnot pomocných veličin
- **kontaktní**, je tehdy, je-li měřící zařízení v přímém kontaktu s měřeným objektem
- **kontaktní**
- **nekontaktní**
- **komparační**
- **kompenzační**

- **omezovací**

Měření se dále dělí podle způsobu snímané veličiny na:

- **bezdotykové**
- **dotykové**

3 Měření teploty

Většina fyzikálních vlastností má závislost na teplotě. Teplota je stavová veličina charakterizující termodynamický stav jakékoliv makroskopické soustavy[2]. Teplota lze vyjádřit několika způsoby, které se odlišují názvy. Nejznámější z nich jsou:

- **Celsiova teplota**, jednotka je $^{\circ}\text{C}$
- **Fahrenheitova teplota**, jednotka je $^{\circ}\text{F}$
- **Termodynamická teplota**, jednotka je K

3.1 Historie

V dnešní době je teploměr snad nejznámějším fyzikálním přístrojem. Před několika staletími byly, ale úplně neznámé. Teplota se určovala pouze podle tělesných pocitů, při výrobě kovů a keramiky se lidé řídili barvou rozžhaveného materiálu.

3.1.1 Objevení a postupný vývoj teploměrů

Jako první věc, na kterou lidé přišli, bylo zjišťování teploty podle roztažnosti kapalin. První doklady jsou ze starověku, kdy Hérón Alexandrijský popsal zařízení, které pracovalo n principu roztažnosti vzduchu. Tento přístroj později nazvali vzduchový termoskop. Tento přístroj je nestarší doložený důkaz o indikaci tepelných stavů.

První teploměr, který se podobal tomu dnešnímu, objevil slavný profesor Galileo Galilei. Jeho přístroj byl tvořen skleněnou trubičkou, která byla na konci zakončena baňkou. Baňku zahřál rukou a teploměr vložil otevřeným koncem do nádoby s obarvenou vodou. Vzduch v baňce postupně chladnul a smršťoval se vlivem tlaku okolního vzduchu na hladinu kapaliny. Tato kapalina začala vnikat do trubičky. Výška sloupce v trubičce stoupala se snižující se teplotou a klesala s rostoucí teplotou. Přístroj fungoval přesně naopak než dnešní teploměry, ve kterých kapalina se zvyšující se teplotou stoupá a naopak.



Obrázek 1 – teploměr od profesora Galileo Galilei[3]

3.2 Teplotní čidla

V dnešní době jsou nejčastěji používaná zařízení pro měření teploty teplotní čidla. Ty se dají rozdělit do několika skupin.

Rozdělení čidel podle způsobu měření:

- **bezkontaktní čidla**
- **kontaktní čidla**

Kontaktní čidla:

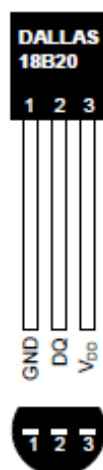
- **Bimetal**- princip je založen na různé roztažnosti dvou kovů.
- **Termočlánky**- pracují s využitím Seebeckova jevu, při změně teploty vzniká na koncích články termoelektrické napětí, které je úměrně dané teplotě.
- **Oporová čidla**- využívají změnu odporu v závislosti na teplotě, teplota se nadále vyhodnocuje pomocí převodníků.
- **Integrované senzory**- jsou vylepšená odporová čidla, která přímo zpracovávají odpor na jiné veličiny, například frekvenci, napětí nebo změnu střidy.

	Termistor	Termoelektrický článek	Integrovaný křemík	Teplotní čidlo 18B20
Teplotní interval	-100° až 450°C	-270° až 1800°C	-55° až 150°C	-55° až 125°C
Citlivost	jednotky $\Omega/^{\circ}\text{C}$	desítky $\text{V}/^{\circ}\text{C}$	5-20mV/ $^{\circ}\text{C}$	-
Přesnost	$\pm 0,01^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$	$\pm 1^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
Druh buzení	zdrojem U	-	zdrojem U	zdrojem U
Forma výstupu	elektrický odpor	napětí	U, I, digitální	digitální

Tabulka 1 - parametry teplotních čidel

3.2.1 Teplotní čidlo DALLAS 18B20

Obvod DS18B20 je digitální teplotní senzor, nejčastěji používaný v pouzdře TO-92 se třemi vývody. Senzor s nadřazeným systémem komunikuje pomocí sběrnice One-Wire, která je včetně řady aplikačních poznámek popsána pěkně například na webu firmy Maxim[4].



Obrázek 2 – pouzdro teplotního čidla

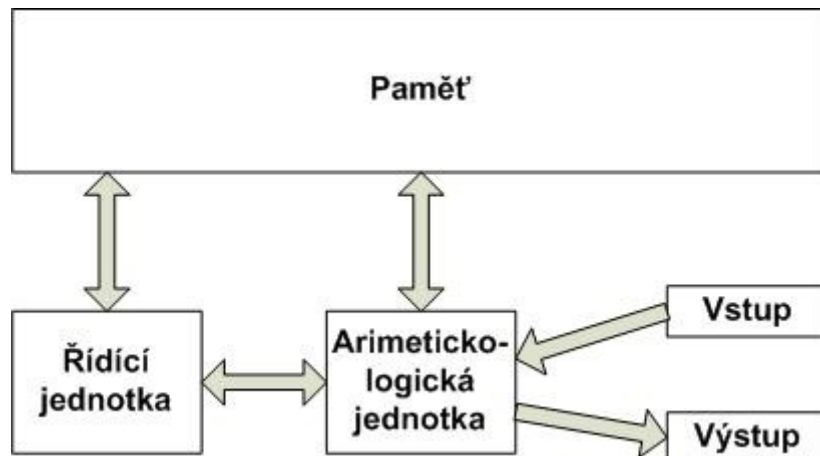
4 Mikrokontroléry

Mikrokontrolér nebo také v angličtině Microcontroller (MCU, μC) je jednočipový mikropočítač. Většinou je to integrovaný obvod, který obsahuje kompletní mikropočítač. MCU se vyznačují velkou spolehlivostí a jsou využívány pro jednoúčelové aplikace nebo jako součásti vestavěných systémů. Dají se programovat ve více programovacích jazycích, jako je například Asembler, jazyk C a Basic.

4.1 Architektura

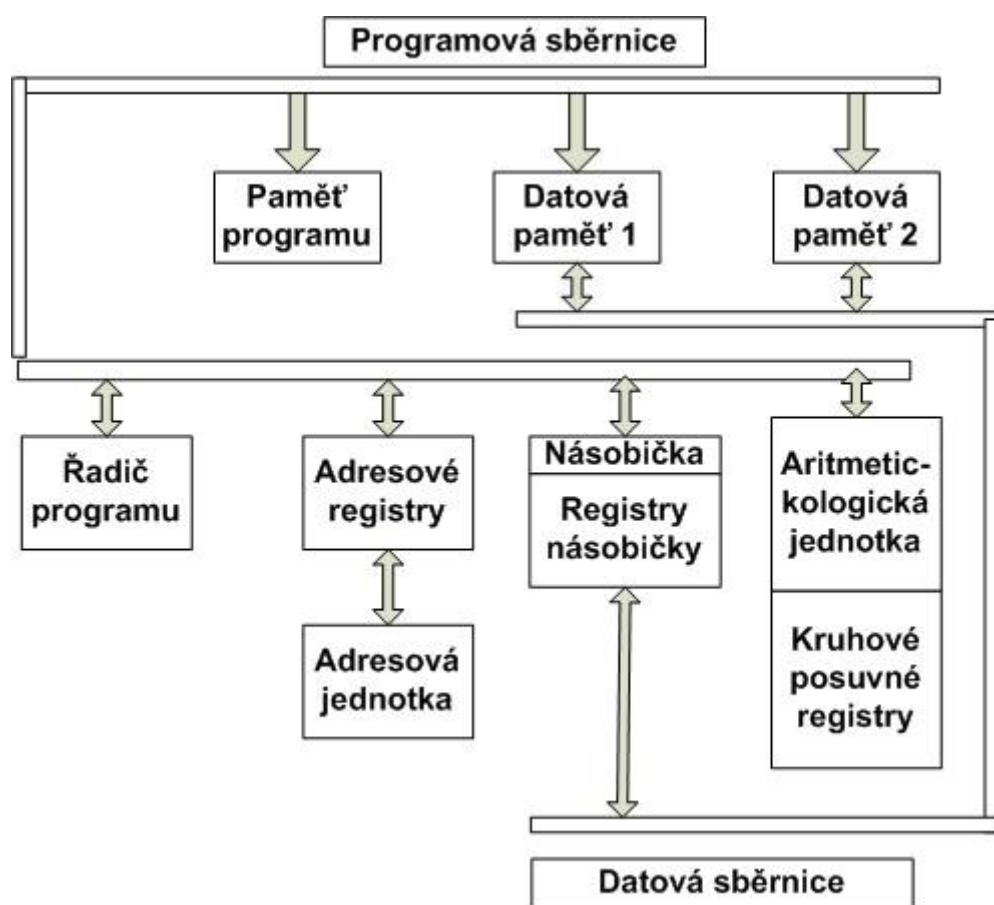
Můžeme se setkat se dvěma základními architekturami mikroprocesorů

- **Von Neumannova**, je architektura, pro kterou je typická společná paměť pro data i pro program. Výhodou této architektury je, že nepotřebuje rozlišovat instrukce pro přístup k paměti programu, což vede k zjednodušení vlastního čipu.



Obrázek 3 – Von Neumannovi architektury

- **Harvardská architektura**, tato architektura fyzicky odděluje paměť programu a dat a zároveň jejich spojovací obvody. Název Harvardská je po počítači Harvard Mark I.



Obrázek 4 – blokové schéma Harvardské architektury

5 Měření teplot ve včelím úlu

Některým lidem se možná zdá nesmysl měřit teplotu ve včelím úlu, ale zkušený včelař ví, že teplota ve včelích úlech je jedna z nejdůležitějších věcí pro život celého včelstva. Na internetu se lze dočíst pár informací o této problematice a v této kapitole bych je chtěl zmínit.

5.1 Teplota v úlu během zimování

Včely v zimě nespí. Toto chladné období přežívají v chomáči. Ve vnější vrstvě se pravidelně střídají a na okraji chomáče si k zateplování pomáhají roztažením křídel. V Zoo Praha lze vidět úly, ve kterých jsou nainstalovaná teplotní čidla, která sledují teplotu uvnitř úlu, a zároveň lze z těchto čidel vysledovat, kde se včely v danou dobu nachází.

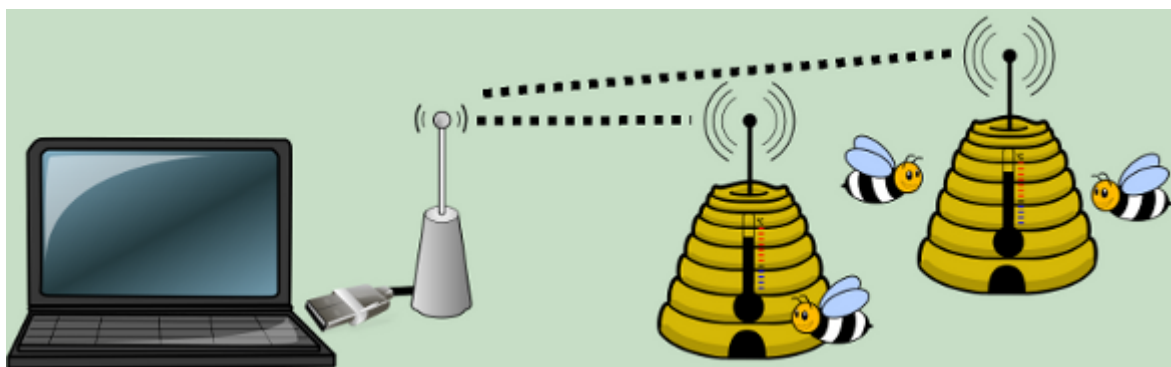


Obrázek 5 – úly v Zoo Praha[5]

Jak lze vidět na obrázku č. 5, konstruktéři tohoto zařízení nainstalovali do úlu šest teplotních čidel a dále jedno čidlo požíli pro sledování venkovní teploty. Pro zobrazování zvolili způsob, kdy ke každému čidlu připojili jeden LCD displej pro sledování teploty. Teplota je zobrazována v reálném čase, ale bohužel pro dlouhodobé pozorování tato konstrukce je nevyhovující, jelikož k zaznamenávání dlouhodobě naměřených teplot mohou požit maximálně papírový blok a tužku.

5.2 WirelessBee

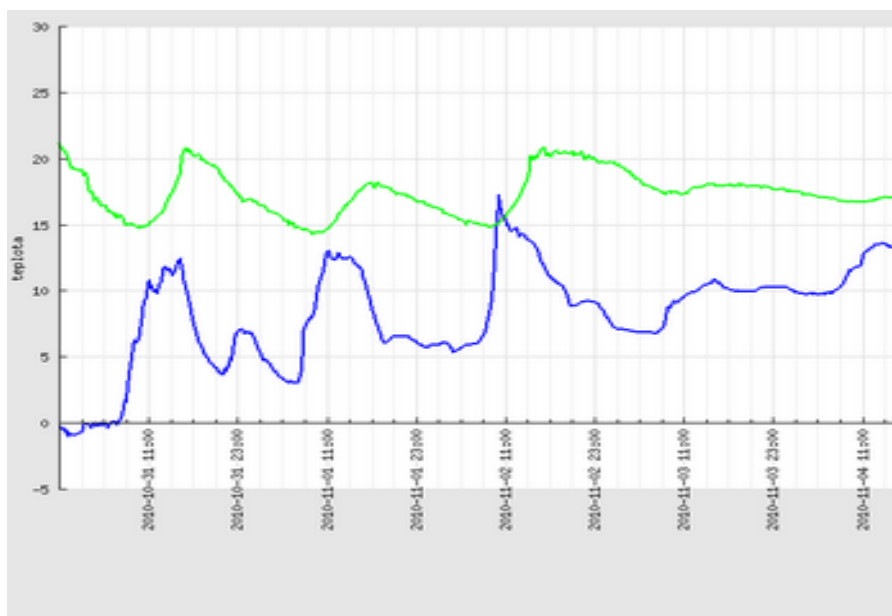
Tímto názvem je pojmenován koncept pana Bc. Josefa Jebavého. V tomto projektu se zabývá měřením teploty ve včelím úlu. Konstruktor v tomto projektu použil pro měření teploty také teplotní čidla. Pro přenos naměřených teplot je použit wireless modul, tedy bezdrátový přenos mezi včelím úlem a počítačem.



Obrázek 6 – systém WirelessBee[6]

Z obrázku č. 6 lze vidět, že konstruktér zpracovává data v počítači. Jak ve svém článku uvádí, čidla mají dosah 600 metrů na volném prostranství. Což je velký problém, pro včelaře, kteří své úly mají od svého domu vzdálené více než je dosah čidel. Tím pádem je nutné sebou ke včelám nosit přenosný počítač pro stažení naměřených dat. Což může být problém pro včelaře, kteří nevlastní přenosný počítač.

Oproti konstrukci ze Zoo Praha, tvůrce myslel na dlouhodobé zaznamenávání informací o teplotě. Tyto data uchovává v počítači a následně se dají exportovat do tabulkového editoru. Může porovnávat, jak se liší venkovní teplota od teploty uvnitř úlu.

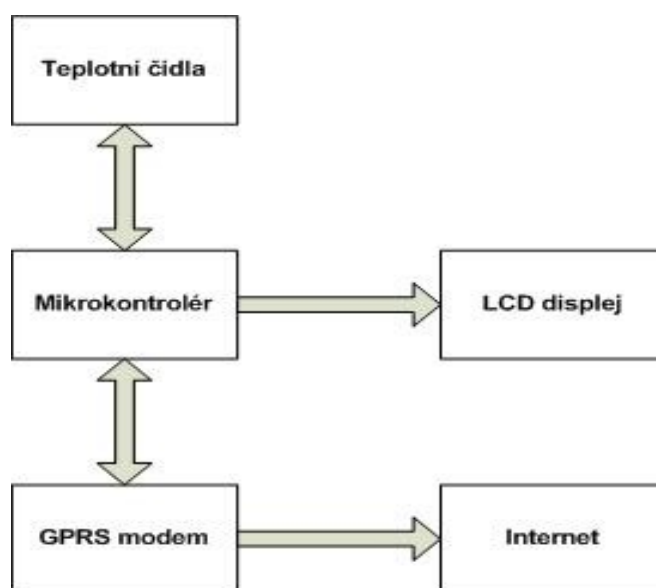


Obrázek 7 – část grafu dlouhodobě naměřených hodnot, modrá barva je venkovní teplota, zelená barva je teplota uvnitř úlu

Na celém systému bych vytknul, že je nutné mít ke každému čidlu bezdrátový modul, což při více čidlech v jednom úlu může být docela finančně nákladné.

6 Blokové schéma vlastní konstrukce

Nejdůležitějším prvkem celého zařízení je mikrokontrolér. V konstrukci je použit MCU ATmega32. Samotný procesor komunikuje s teplotními čidly, kdy každé čidlo je připojeno na jednotlivý pin MCU. Původně jsem chtěl s čidly komunikovat pomocí sběrnice One-Wire. Od toho jsem ustoupil z důvodu zjednodušení celého zařízení. Jelikož jsem chtěl, aby používání a instalování zařízení bylo jednoduché i pro laika. Dále MCU komunikuje pomocí 4bitové sběrnice s displejem. Na displeji se zobrazují naměřená data. Displej již zpětně s MCU nekomunikuje. Komunikace s GPRS modemem probíhá obousměrně. MCU zasílá naměřená data na FTP server v určité časové smyčce. Modem zpětně odpovídá MCU na odeslané příkazy. Tím si kontroluje, zda je možné připojení na internet a zda jsou data odeslána. Celé blokové zařízení lze vidět na obrázku č. 8.

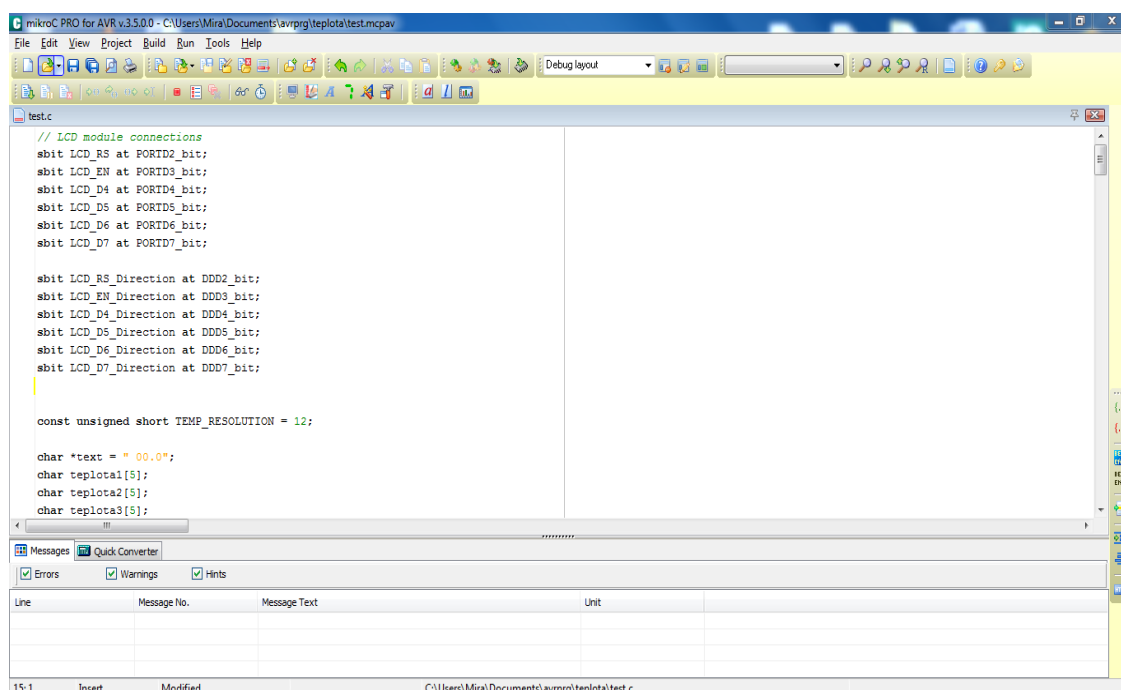


Obrázek 8 – blokové schéma celého zařízení

7 Vývojové prostředí použité při výrobě zařízení

7.1 Vývojové prostředí k tvorbě programu pro MCU

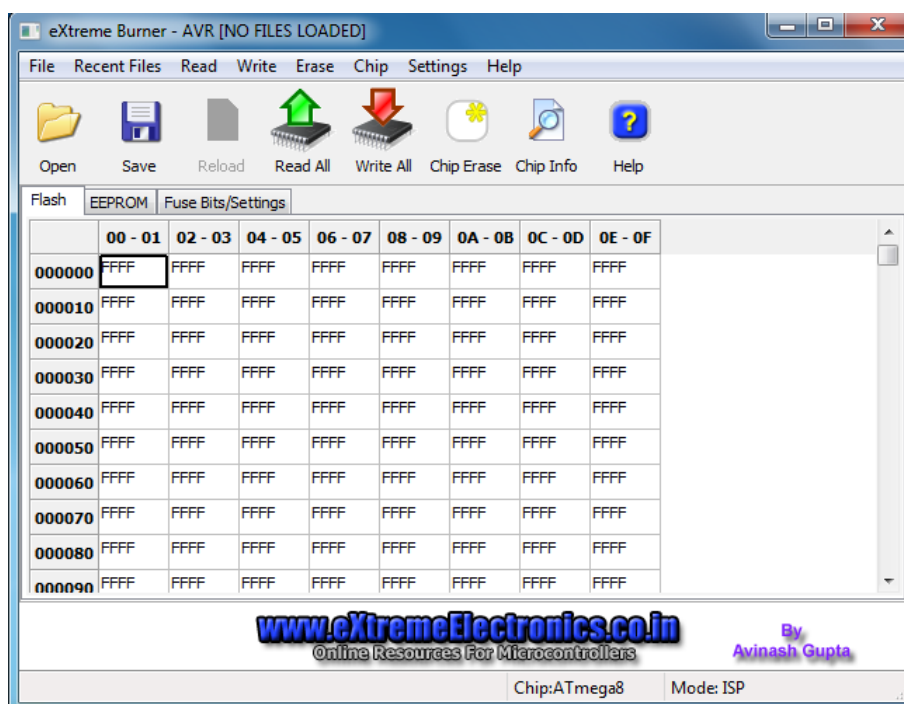
Jako vývojové prostředí pro MCU, jsem zvolil program mikroC PRO for AVR od firmy MikroElektronika. V tomto prostředí se pracuje s klasickým programovacím jazykem C. V programu je implementována spousta knihoven a pro začátečníky spousta ukázkových programů. Za velkou výhodou tohoto programu, považuju převedení kódu do programovacího jazyka Assembler. Jelikož spousta programátorů se s Assemblerem již setkala, mohou porovnávat zdrojový kód v jazyce C. Další výhodou tohoto programu je překlad kódu do souboru s koncovkou HEX, který můžeme nahrávat přímo do MCU.



Obrázek 9 – prostředí programu mikroC

7.2 Programování MCU

K programování MCU jsem použil programátor USBasp. Programátor se připojuje k počítači přes USB rozhraní. Jako ovládací software programátoru je použit eXtreme Burner Avr. Tento program není nutné instalovat, což je jeho velkou výhodou. Umí naprogramovat FLASH paměť, EEPROM paměť a Fuse Bity. Vše lze programovat v jednom kroku nebo každý zvlášť. Při programování je doporučeno programovat pouze FLASH paměť. Jelikož při špatném nastavení Fuse Bitů, se může stát, že MCU nepůjde znovu naprogramovat.



Obrázek 10 – uživatelské prostředí programu extrémě Burner

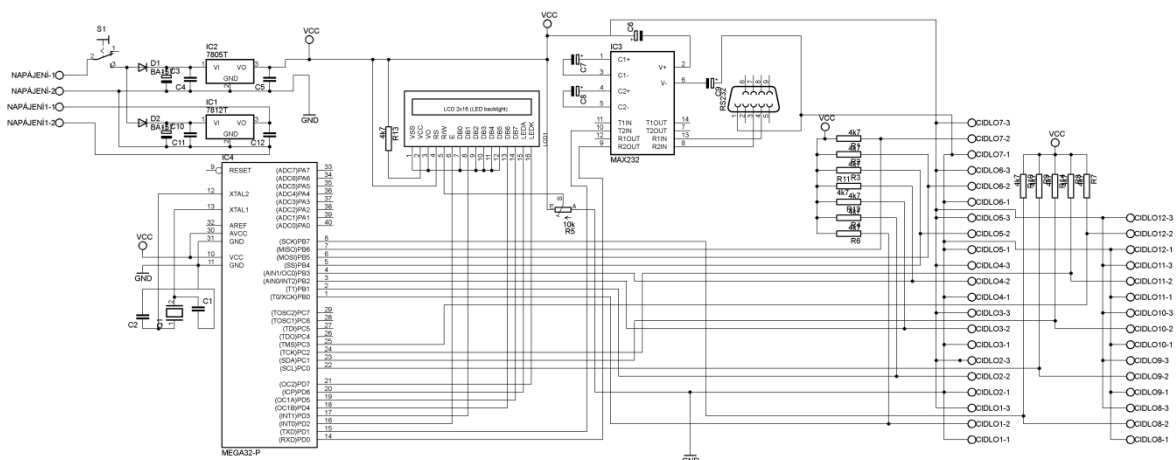


Obrázek 11 – zapojení procesoru při programování

7.3 Návrh a výroba DPS

Samotný návrh desky plošného spoje, jsem prováděl ve volně šiřitelné verzi programu Eagle. Tento program má spoustu funkcí a je vhodný i pro začátečníka. Jediné na co bych chtěl upozornit, je nastavení tohoto programu samotným uživatelem. Doporučuji kreslit vše v palcích. Program totiž nabízí i kreslení v milimetrech, ale většina pouzder implementovaných přímo v programu je kreslena v palcích. Při skombinování těchto dvou jednotek pak dochází k chybám.

Níže uvedené schéma je návrh celé mé konstrukce, nakreslené ve výše zmiňovaném grafickém programu.



Obrázek 12 – schéma celého zařízení

Vlastní výroba DPS probíhá v pěti krocích:

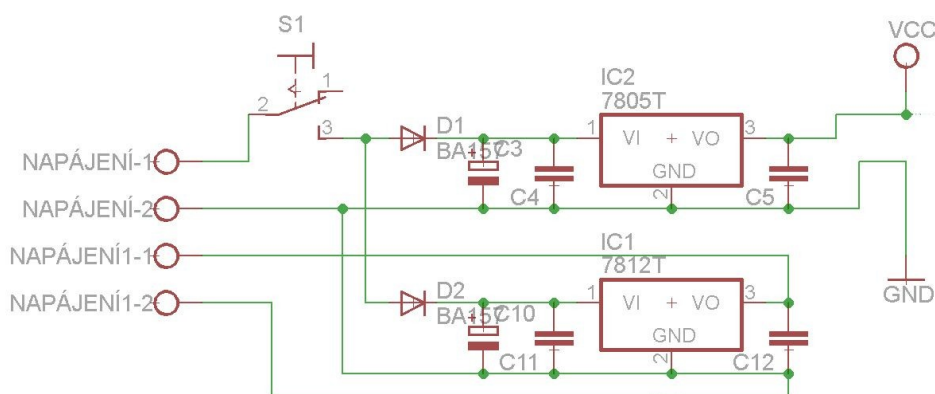
- Vytištění návrhu DPS na průhlednou fólii
- Osvícení návrhu na DPS v osvitové jednotce
- Vyvolání osvětlené DPS v hydroxid
- Vyleptání DPS v kyselině
- Vyvrtání DPS

Všechny tyto kroky jsou důležité pro výrobu desky plošných spojů. V mém případě jsem pro tisk na průhlednou fólii použil laserovou tiskárnu, k osvitu UV zářivky. K vyvolání osvětlené DPS je třeba použít hydroxid, nejlépe 1,5% hydroxid sodný. Dalším krokem je zbavení zbytečné mědi pomocí kyseliny. Kyselin k leptání je spousta, například persulfát sodný nebo chlorid železitý. Poslední krok je odvrtání pájecích bodů. Po té je DPS připraveno pro osazování součástkami.

8 Vlastní konstrukce

8.1 Napájení

Při konstrukci bylo předem dáno, že celé zařízení bude umístěno mimo dosah napájení ze sítě. Napájení je tedy konstruováno pro příjem energie z akumulátoru. Pro napájení je třeba dvou napětí a to 5 Voltů pro napájení zařízení umístěného na DPS a 12 Voltů pro napájení modemu. Pro usměrnění napětí z akumulátoru jsem použil stabilizátory 78L05 pro napětí 5V a 78L12 pro napětí 12V. Jako akumulátor se dá použít běžná autobaterie, která dosahuje napětí 13,7 Voltů při plném nabití. Na obrázku č. 13 lze vidět zapojení stabilizátorů, které je navrženo podle doporučení výrobce.

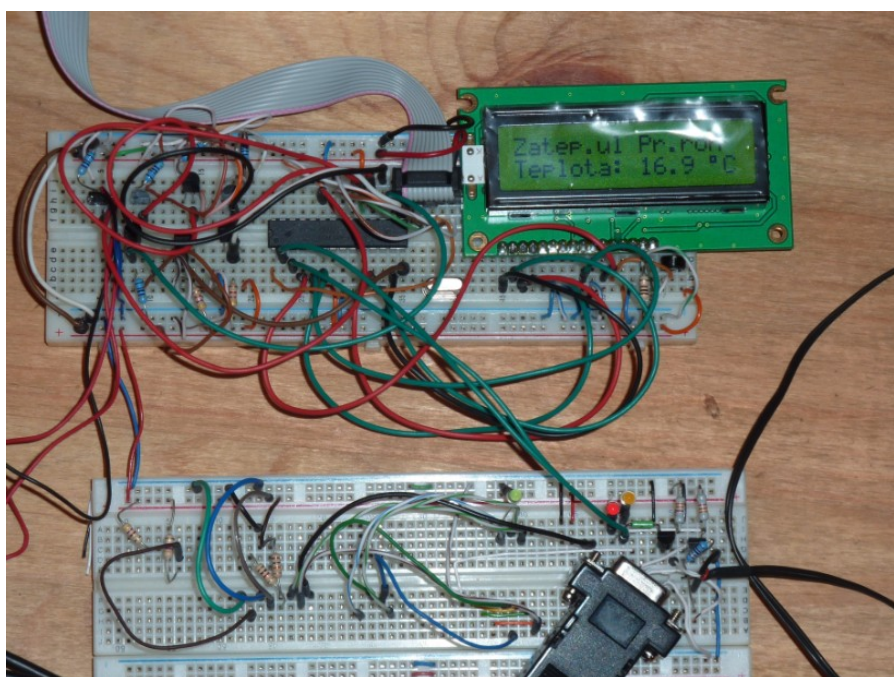


Obrázek 13 - zdrojová část zařízení

Do obvodu jsou přidány dvě stabilizační diody, z důvodu ochrany proti přepólování napětí, při připojování zařízení k akumulátoru.

8.2 Testovací zapojení obvodu

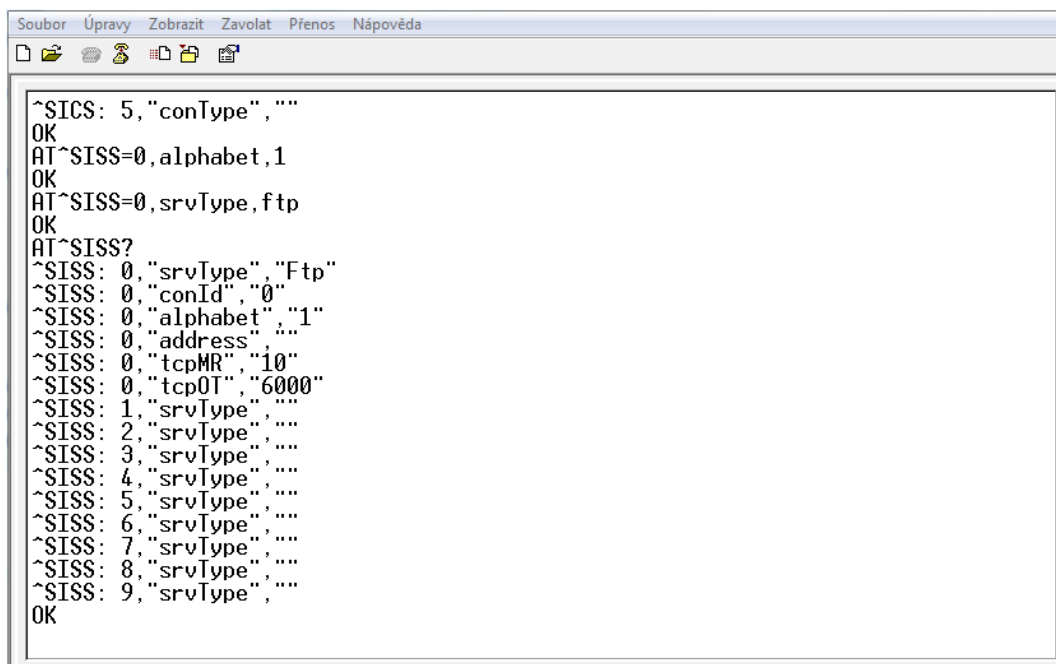
Celou konstrukci jsem si nejprve zapojil na nepájivé kontaktní pole. Tuto variantu jsem volil z důvodu nečekaných změn v konstrukci. S těmito změnami jsem se samozřejmě setkal. Na počátku konstrukce jsem použil MCU ATmega, řady 8 (ATmega8). Postupným vývojem programu jsem se setkal s nedostatkem paměti v mikrořadiči, z tohoto důvodu jsem musel přejít na vyšší řadu ATmega 32, která již splňovala mé požadavky na velikost vnitřní FLASH paměti.



Obrázek 14 – zapojení obvodu na kontaktním poli

8.3 Modem

Pro odesílání dat na web jsem použil modem Sectron MC75i. Toto zařízení se připojuje k webu buď pomocí GPRS nebo EDGE. Modem má v sobě již nainstalovaný TCP/IP stack, který zajišťuje komunikaci mezi MCU a samotným internetem. Modem se ovládá pomocí AT příkazů a k počítači nebo k MCU se dá připojit pomocí USB nebo RS232. Pro testování modemu jsem použil hyperterminál, který komponentou operačního systému winXP. Zde jsem odzkoušel veškeré AT příkazy potřebné k připojení na internet a odeslání naměřených dat. Připojení modemu k MCU zajišťuje UART a integrovaný obvod MAX232, který převádí napětí z úrovně TTL na napětí, které používá pro svůj přenos sériová linka.

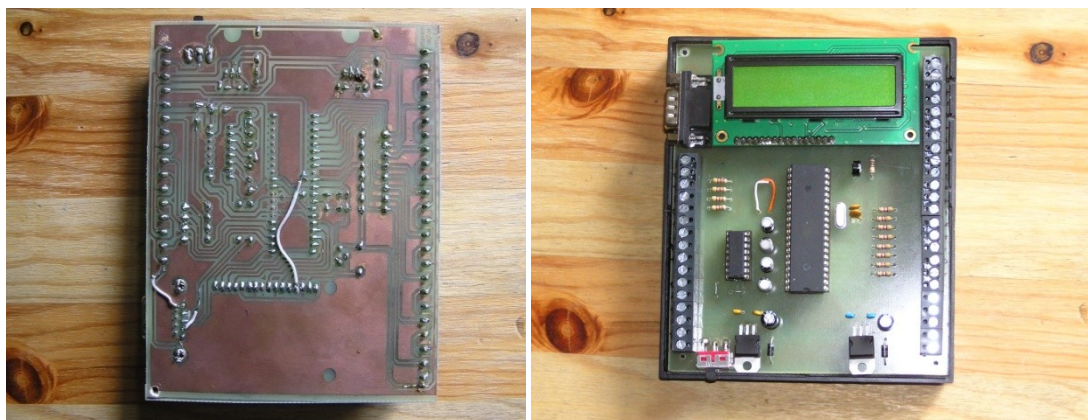


```
Soubor  Úpravy  Zobrazit  Zavolat  Přenos  Nápověda
^SICS: 5,"conType",""
OK
AT^SISS=0,alphabet,1
OK
AT^SISS=0,svrType,ftp
OK
AT^SISS?
^SISS: 0,"svrType","Ftp"
^SISS: 0,"conId","0"
^SISS: 0,"alphabet","1"
^SISS: 0,"address",""
^SISS: 0,"tcpMR","10"
^SISS: 0,"tcpOT","6000"
^SISS: 1,"svrType",""
^SISS: 2,"svrType",""
^SISS: 3,"svrType",""
^SISS: 4,"svrType",""
^SISS: 5,"svrType",""
^SISS: 6,"svrType",""
^SISS: 7,"svrType",""
^SISS: 8,"svrType",""
^SISS: 9,"svrType",""
OK
```

Obrázek 15 – Testování modemu pomocí hyperterminálu

8.4 Zařízení

Po otestování všech funkcí celého zařízení na kontaktním poli, jsem celou konstrukci osadil na desku plošných spojů a zapájel. Při oživování, jsem narazil na jeden problém a to, že konektor pro sériovou linku byl v programu Eagle zrcadlově. Proto bylo třeba DPS upravit. Jelikož se jednalo pouze o dva kontakty, vyřešil jsem celý problém drátovou propojkou, jak lze vidět na obrázku č. 15. Tuto chybu jsem samozřejmě v grafickém programu Eagle opravil. Jelikož jsem počítal s výrobou více zařízení.



Obrázek 16 – zařízení strana spojů a strana součástek

Poté jsem osazenou desku plošných spojů uložil do předem připraveného obalu, ve kterém byly vytvořeny otvory pro displej, konektor sériového portu, čidla, a napájecího kabelu. Otvory byly uhotoveny pomocí obyčejné ruční frézky. Celkový výrobek pak vypadá, jak lze vidět na obrázku č. 16.



Obrázek 17 – zařízení, strana spojů a strana součástek

8.5 Čidla

Jak bylo dříve zmíněno, pro měření teplot, jsou použity čidla od firmy Dallas, 18B20. Velkou váhu jsem dal umístění čidel do samotných úlů. První můj návrh bylo čidla umístit na krátké špejle, které by se postupně zasunuly mezi včelí rámky do úlu. Toto řešení se zdálo velice výhodné, jelikož by se dali čidla jednoduše vytahovat a měnit jejich pozice. Bohužel tento způsob řešení jsme s vedoucím práce zavrhlí. Důvodem bylo ucpání špejlemi chodbičky mezi jednotlivými rámkami v úle. Včely by měli zúžený prostor pro pohyb a možná by se do míst za čidly vůbec nedostaly.

Přešly jsme tedy na řešení, čidla rovnou implementovat do rámků. Bohužel se poté s čidly nedá již manipulovat, jelikož včely čidla zalepí voskem. Do rámků jsem čidla vložil na tenkých třívodičových drátkách o průměru jednoho drátu 0,4 mm. Čidla byla zakapána včelím voskem, aby co nejméně vadila včelám v jejich práci. Na obrázku č. 17 lze vidět oba způsoby, které jsem použil pro umístění čidel do včelího úlu.

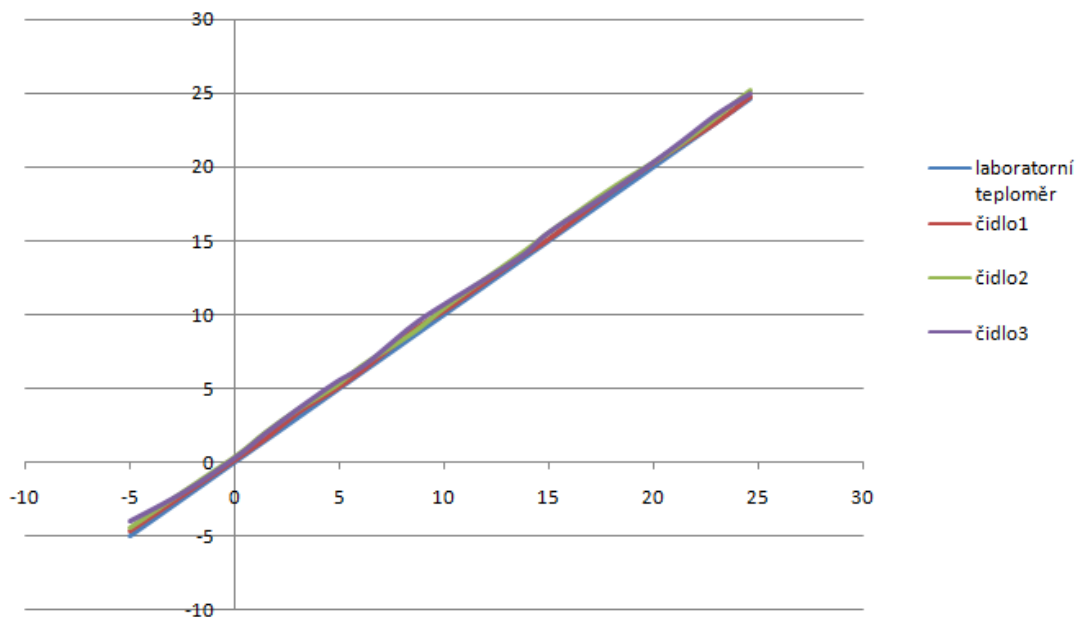


Obrázek 18 – čidlo umístěné na špejli a čidla umístěná přímo na rámku

Než byla čidla umístěna do úlů, bylo třeba provést jejich teplotní korekci. To bylo provedeno pomocí přesného laboratorního teploměru. Výrobce u čidel uvádí teplotní přesnost na $\pm 0,5$ stupně. Při porovnávání teplot bylo provedeno patnáct měření, jak záporných tak kladných hodnot. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 2 a graficky znázorněny na grafu. Všechny naměřené hodnoty splňovali výrobcem garantovaných $\pm 0,5$ stupně, tím pádem jsem v programu neprováděl žádnou korekci teplot.

číslo měření	přesný teploměr	čidlo 1	čidlo 2	čidlo 3
1	-5	-4,6	-4,7	-4,6
2	-2,4	-2,1	-1,9	-2
3	0,1	0,3	0,3	0,4
4	1,5	1,7	2	2
5	3	3,2	3,3	3,2
6	4,8	5	5,2	5,3
7	6,2	6,4	6,5	6,6
8	8,5	9	8,8	9
9	10,2	10,5	10,6	10,5
10	13,6	13,9	14,1	13,9
11	15	15,2	15,4	15,4
12	18	18,4	18,4	18,4
13	20,7	21	21	21,1
14	22,9	23	23,3	23,4
15	24,6	24,8	25,1	25

Tabulka 2 - korekce čidel



Obrázek 19 – graf naměřených hodnot

8.6 Program

Celý program je zhotoven v programovacím jazyce C. Při tvoření programu jsem dbal na jeho celkovou jednoduchost. Zdrojový kód bych rozdělil na tři základní části:

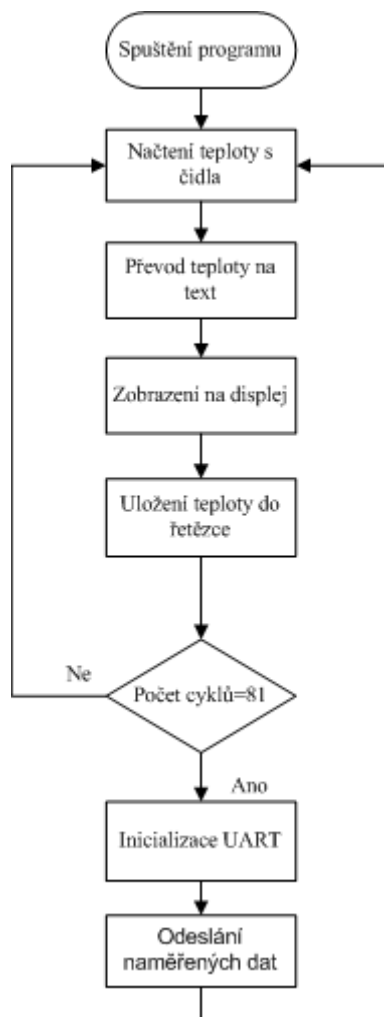
1. Inicializace proměnných
2. Cyklus měření teploty a výpis hodnot na displej
3. Odesílání dat na FTP server

V první části se inicializují proměnné, mezi které patří inicializace LCD displeje, všech AT příkazů, řetězce naměřených hodnot, jednotlivé naměřené hodnoty a název odesílaného souboru. V druhé části programu probíhá smyčka „for“, ve které se provádí měření na jednotlivých čidlech a vypisování naměřených hodnot na LCD displej. Hodnoty na LCD jsou vypisovány ve tvaru znaménko, hodnota a jednotka. Na displej je také odesílána spolu s teplotou i poloha daného měřeného čidla. Ukázkový výpis na displej lze vidět na obrázku č. 19.



Obrázek 20 – příklad výpisu na LCD

Tato smyčka má dobu trvání v závislosti na periodě odesílání dat. Já jsem pro své měření zvolil odesílání dat jednou za hodinu, což odpovídá 81 cyklům smyčky „for“. Třetí část kódu je zaměřena na odesílání naměřených hodnot na FTP server. Zde se provedou postupně potřebné AT příkazy k připojení na Internet a k odeslání dat.



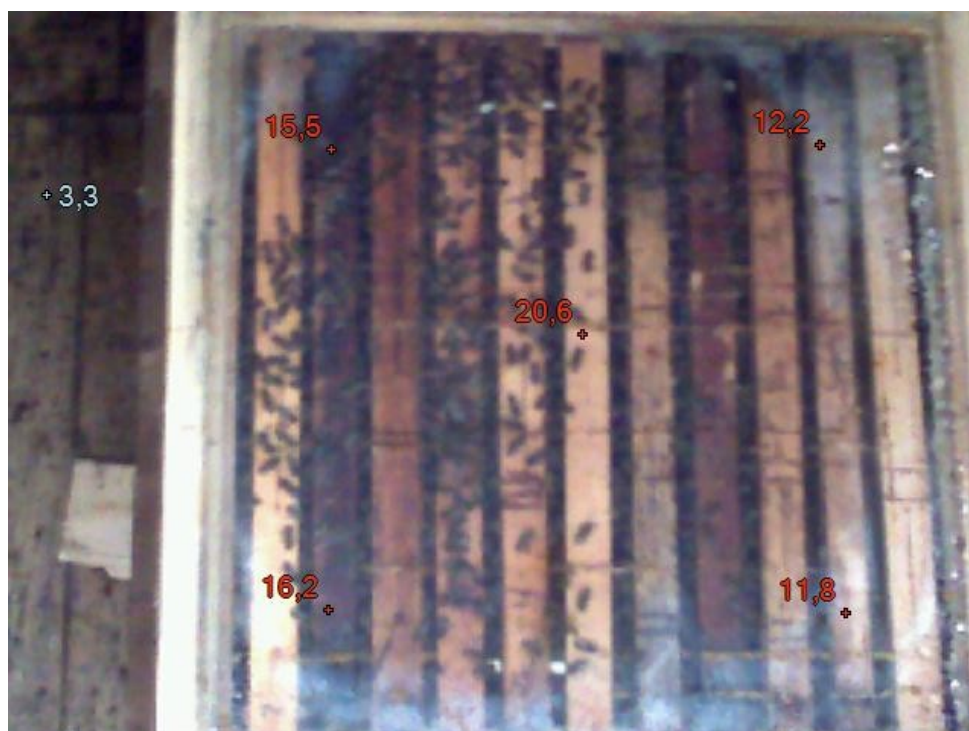
Obrázek 21 - vývojový diagram programu

Data na FTP serveru odesílám jako řetězec, kde jednotlivé naměřené hodnoty odděluji středníkem, pro jednodušší identifikaci při vybírání jednotlivých hodnot z celého řetězce. Jednotlivá data odeslaná na server se ukládají jako TXT soubor, pokaždé pod jiným názvem. Po zapnutí přístroje se tedy první odeslaný soubor jmenuje 1.TXT a dále při každém novém odeslání přičítám hodnotu jedna k původnímu názvu.

9 Testování

9.1 Umístění zařízení

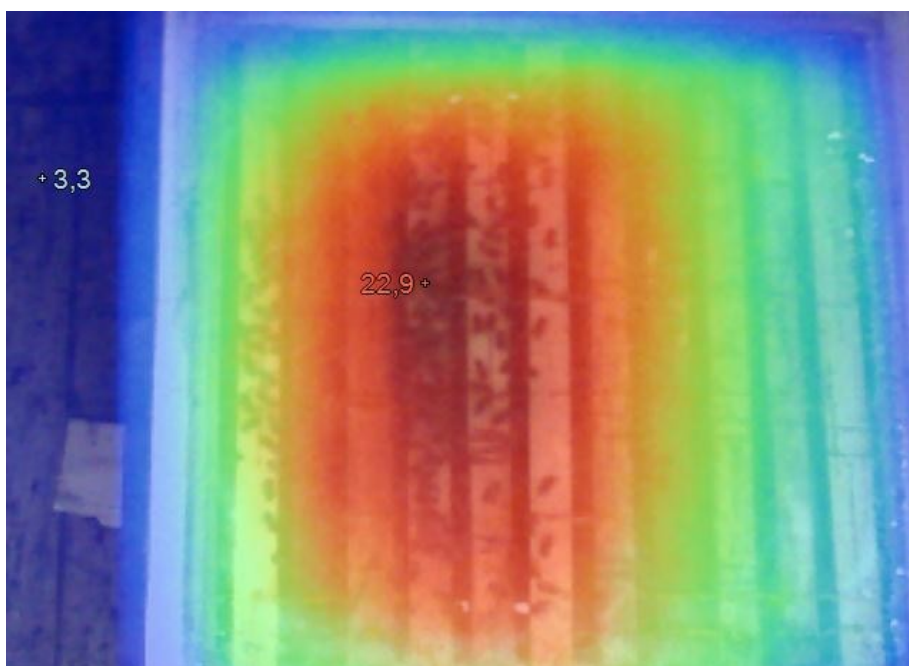
Pro testování zařízení jsem zvolil dva úly umístěné uvnitř včelařského přístřešku. Použité jsou dva úly typu moravský univerzál. Jeden z úlů je uvnitř zateplen pomocí speciální hliníkové fólie. Do každého úlu jsem měl nachystáno pět teplotních čidel. Rozložení čidel lze vidět na obrázku č. 20. Tento obrázek byl vytvořen, termokamerou a lze na něm pozorovat teplotu v jednotlivých místech úlu a také teplotu okolí.



Obrázek 22 - rozmístění čidel v úlu

Na obrázku č. 21, lze vidět teplotní pole, které kolem sebe tvoří včely, dále můžeme z něho vypožorovat, jak se včely seskupují kolem jednoho bodu. Uprostřed tohoto bodu je včelí královna, kolem které ostatní včely udržují stálou teplotu. Teplota je stálá za jakýchkoliv povětrnostních podmínek mimo úl. Tyto snímky byly pořízeny při venkovní teplotě 2,3 °C. Uvnitř přístřešku bylo 3,3 °C, a jak lze vidět na obrázku č. 21, včely mají na povrchu středu hroznů teplotu 22,9 °C. Uprostřed tohoto hroznu je teplota daleko vyšší než na jeho povrchu.

Sledováním této teploty může včelař získávat důležité informace o zdravotním stavu celého včelstva.



Obrázek 23 - teplotní pole včel

Největší problém s umístěním čidel do včelích úlů byla venkovní teplota. Zařízení jsem sice měl hotové již v únoru, včely v tomto měsíci přezimují a jakýkoliv zásah do jejich úlu by mohl vést k úhynu celého včelstva. Musel jsem tedy čekat, až průměrná denní teplota stoupne přibližně k 10 °C.

Zařízení jsme tedy umístily do úlů 21. 4. 2011. Od této doby jsou také shromažďována naměřená data. Jelikož byla čidla umístěna do hlavní části úlu a ne do nástavku, rozhodli jsme se pro testování použít pouze čtyři čidla do každého úlu, aby nebyl pro včely zásah moc razantní, výměnou dvou rámků. Umístěna byla tedy čidla pro sledování teplot v rozích úlů. Bohužel při připojování čidel k zařízení, jsem omylem připojil jedno čidlo s obrácenou polaritou a zničil ho. Proto při testování nebyla zobrazena hodnota dvou čidel uprostřed úlu a jednoho čidla v úlu číslo dva.

9.2 Naměřené hodnoty a jejich vyhodnocování

Naměřené hodnoty ze všech čidel jsou ukládány na FTP serveru. Aktuální teplota, což je poslední odeslaná teplota na server, je zobrazována na webové stránce. Adresa pro pozorování teplot je <http://www.engel.sps-br.cz>. Ostatní hodnoty se ukládají do databáze, ze které lze všechny naměřené teploty zpětně zobrazit s datem a časem měření. Vše lze exportovat do tabulkového editoru, ve kterém si můžeme vyhodnocovat data pomocí grafů.

9.2.1 Princip ukládání hodnot do databáze

Po odeslání dat modemem na FTP server jsou postupně vytvářeny soubory. Tyto soubory mají všechny autentický název. Pokud si uživatel zobrazí webovou stránku, jsou všechny soubory z FTP serveru uloženy do databáze a následně z FTP serveru smazány. Tento krok je prováděn z důvodů

restartování přístroje. Jelikož při každém novém zapnutí, zařízení odesílá soubory s názvem 1.txt a pokaždé přičítá k názvu číslo jedna.

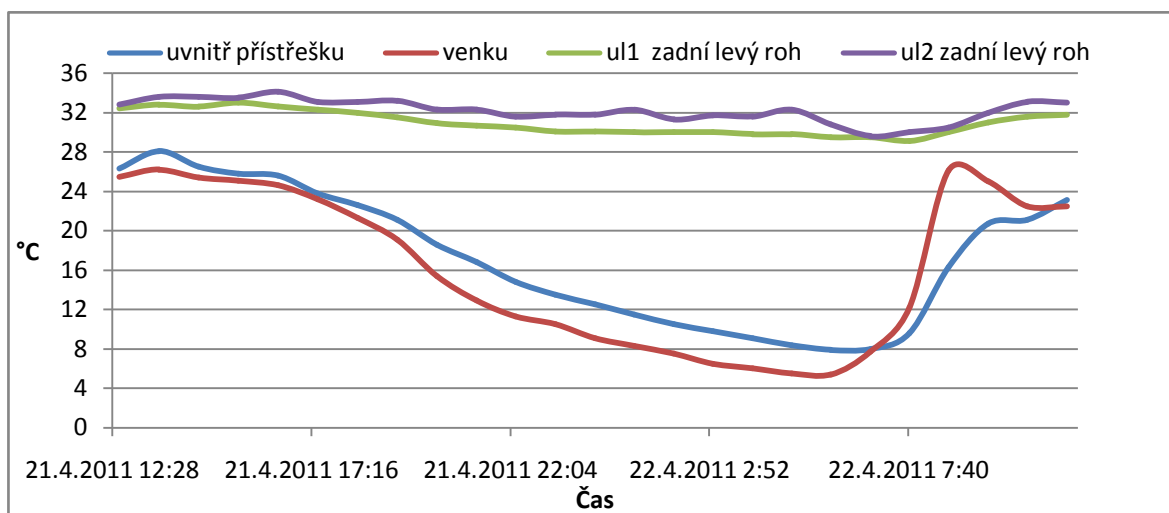
V databázi jsou pak naměřené hodnoty řazeny podle data vytvoření souboru na FTP serveru. Díky tomuto systému se pak nemůže stát, že by byla naměřená data přepsána jinými daty.

9.2.2 Naměřená data

Po spuštění zařízení jsou první data odeslána hodinu poté, co proběhlo první měření. V tabulce č. 3, jsou naměřené hodnoty za jeden den, tedy první den našeho měření.

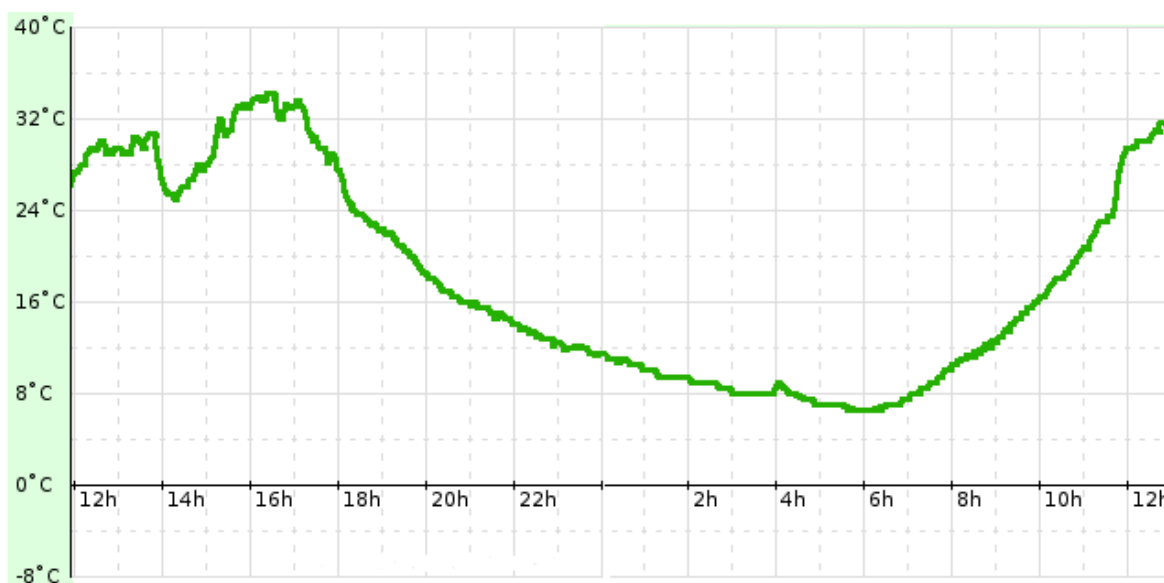
čas	uvnitř přístřešku	venku	ul1 zadní levý roh	ul2 zadní levý roh
21.4.2011 12:39	26,3	25,5	32,4	32,8
21.4.2011 13:37	28,1	26,2	32,8	33,6
21.4.2011 14:34	26,5	25,4	32,6	33,6
21.4.2011 15:31	25,8	25,1	33	33,5
21.4.2011 16:29	25,6	24,6	32,6	34,1
21.4.2011 17:26	23,8	23,2	32,3	33,1
21.4.2011 18:24	22,6	21,3	32	33,1
21.4.2011 19:21	21,1	19,1	31,5	33,2
21.4.2011 20:18	18,6	15,4	30,9	32,3
21.4.2011 21:15	16,8	12,9	30,7	32,3
21.4.2011 22:13	14,8	11,3	30,5	31,6
21.4.2011 23:10	13,5	10,5	30,1	31,8
22.4.2011 0:07	12,5	9,1	30,1	31,8
22.4.2011 1:04	11,5	8,3	30	32,3
22.4.2011 2:01	10,5	7,5	30	31,3
22.4.2011 2:58	9,8	6,5	30	31,7
22.4.2011 3:55	9,1	6	29,8	31,6
22.4.2011 4:51	8,4	5,5	29,8	32,3
22.4.2011 5:48	7,9	5,4	29,5	30,8
22.4.2011 6:45	8	7,7	29,5	29,6
22.4.2011 7:42	9,6	12,2	29,1	30
22.4.2011 8:39	16,3	26,1	30	30,5
22.4.2011 9:36	20,7	25	31	32
22.4.2011 10:33	21,1	22,5	31,6	33,1
22.4.2011 11:30	23,1	22,5	31,8	33

Tabulka 3 - naměřené hodnoty za dvacet čtyři hodin



Obrázek 24 - naměřené hodnoty za dvacet čtyři hodin

Na obrázku č. 22, je graficky znázorněn průběh naměřených teplot. Pro přehlednost grafu jsem nechal zobrazit jen jednu teplotu z každého úlu. Z grafu lze vypožorovat, že teploty uvnitř úlů zůstávají přibližně na stejné hodnotě, i když venkovní teploty se razantně mění. Pro porovnání naměřených venkovních teplot jsem použil teploty uvedené na webu <http://www.teplomer-vsb.cz>.



Obrázek 25 - naměřené hodnoty z webu <http://www.teplomer-vsb.cz>, ze dne 21. a 22.4 2011

9.3 Zobrazení dat na Internetu

Pro zobrazování dat na webu je použita jednoduchá tabulka s popisem umístění čidla a jeho poslední naměřenou hodnotou. Naměřená data se dají z databáze zobrazit pomocí tlačítka archiv, kde si může uživatel zvolit rozmezí, od kterého dne chce exportovat data do tabulky. Je možné nastavit jak spodní hranici data, tak i horní hranici. Pro zobrazování grafů přímo na webu jsem udělal také odkaz, bohužel se mi nepodařilo tuto funkci dodělat. Uživatel si tedy prozatím musí exportovat naměřená data do jakéhokoliv tabulkového editoru, kde si graf naměřených hodnot vytvoří sám.

10 Závěr

V této práci bylo vytvořeno funkční zařízení pro sledování teplot ve včelích úlech. Zařízení snímá teploty v několika bodech včelího úlu. Měřené objekty byli dva a v každém umístěno pět teplotních čidel. Pro přesnější sledování teplotního pole včel, je možné všechna čidla umístit do jednoho včelího úlu. Veškerá naměřená data jsou zobrazována na displeji a dále odesílána na web, což bylo uděláno nad rámec zadání této práce. Uživatel si může z pohodlí svého domova, zobrazovat naměřené hodnoty na počítači, který musí být připojen k síti internet.

Při tvorbě této práce mohu konstatovat, že jsem si obohatil znalosti v oblasti GPRS, dále s programováním a ovládáním MCU. Naučil jsem se pracovat se spoustou pro mě nových programů, jak pro výrobu DPS, tak pro testování programů vytvořených pro MCU pomocí počítače. Dále bych chtěl konstatovat, že tato práce má široké použití nejen ve včelařství, ale v jakémkoliv odvětví, kde je třeba sledovat teplotu zařízení a není možno se připojovat k internetu pomocí kabelových přípojek.

Myslím si, že tato práce by šla dále rozšiřovat o funkce vážení úlu, připojení web kamery a nahrávání zvuku uvnitř úlu. Toto vše by bylo možno implementovat do jediného zařízení.

Seznam literatury

[1] M%C4%9B%C5%99en%C3%AD. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 25.8.2007, last modified on 11. 11. 2010 [cit. 2011-01-10]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/M%C4%9B%C5%99en%C3%AD>

[2] [Http://artemis.osu.cz](http://artemis.osu.cz) [online]. 2005 [cit. 2011-01-4]. Teplota a její měření. Dostupné z WWW: <http://artemis.osu.cz:8080/artemis/uploaded/199_3_3%20Teplota_mereni.pdf>.

[3] *Jjanyinka.blog* [online]. 2007 [cit. 2011-01-04]. Janyňčina mozaika. Dostupné z WWW: <http://jjanyinka.blog.cz/0909/teplomer>

[4] *Pandatron.cz* [online]. 3. 12. 2008 [cit. 2011-01-05]. Teplotní čidlo DS18B20 ve spojení s PIC12F629. Dostupné z WWW: http://pandatron.cz/?566&teplotni_cidlo_ds18b20_ve_spojeni_s_pic12f629

[5] Včelky [online]. 2010 [cit. 2011-04-01]. Spí včely v zimě?. Dostupné z WWW: <<http://www.vcelky.cz/oo-spi-vcely-v-zime.htm>>.

[6] Bc. JEBAVÝ, Josef. *WirelessBee* [online]. 2010-2011 [cit. 2011-03-01]. WirelessBee - měření teploty včelstva. Dostupné z WWW: <<http://wirelessbee.xeres.cz/cs/popis>>.

Ben omega citace: MATOUŠEK, David. *Práce s mikrokontroléry Atmel ATmega16 4. díl*. 1. vydání. Praha: BEN, 2006. 320 s. ISBN 80-7300-174-8